VITTORIO EM. III

FONDO PIZZOFALCONE

NAZIONALE
BIBLIOTECA
B. Prov.
Miscellanea
P
69
387
VITTORIO EM. III
NAPOLI

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio XXV
Palchetto
Num.° d'ordine 5.3
15380

Digitized by Google

MÉMOIRE

SUR LE CINTREMENT

ET

LE DÉCINTREMENT DES PONTS,

Et sur les différens mouvemens que prennent les Voûtes pendant leur construction.

(*Extrait des Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris.*)

PAR PERRONET,
Directeur général des Ponts et Chaussées de France.

PARIS,

Chez BACHELIER, Libraire, quai des Augustins, n° 55.

Digitized by Google

AVIS.

Ce *Mémoire sur le Cintrement et le Décintrement des Ponts*, ainsi que ceux ci-après du même Auteur, sont extraits des *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris*. Tous les autres Mémoires épars dans cette Collection depuis l'origine en 1666 jusqu'en 1790, se vendent séparément, de même que ceux publiés dans le Recueil des Savans Etrangers, en 11 vol., et dans le Recueil des Prix, en 9 volumes.

Autres Mémoires du même Auteur.

Mémoire sur différentes méthodes qui ont été employées pour fonder les ouvrages de maçonnerie dans l'eau, et sur celles qui tendent à supprimer les bâtardeaux et épuisemens dans la construction des ponts. 2 fr.

Sur l'éboulement qui arrive quelquefois aux portions de montagnes et autres terrains élevés, et sur les moyens de prévenir ces éboulemens. 1 f. 50 c.

Sur les moyens de conduire à Paris une partie de l'eau de l'Yvette et de la Bièvre.

Sur la réduction de l'épaisseur des piles, et sur la courbure qu'il convient de donner aux Voûtes, pour que l'on puisse passer plus librement sous les Ponts, 1 fr. 50 c. franc de port.

MÉMOIRE
SUR LE CINTREMENT
ET LE
DÉCINTREMENT DES PONTS;
Et ſur les différens mouvemens que prennent les voûtes pendant leur conſtruction.

Par M. PERRONET.

LA conſtruction des grandes arches, telle que celles de pluſieurs Ponts faits en France depuis une trentaine d'années, demande beaucoup plus d'art & de ſoins, que ne pouvoient l'exiger des arches de grandeur ordinaire & peu ſurbaiſſées. 22 Avril 1773.

Indépendamment du choix des matériaux, de l'exactitude de l'appareil & du ſoin avec lequel les pierres doivent être taillées & poſées, le ſuccès de ces grandes arches dépend eſſentiellement de la manière de les cintrer & décintrer; faute d'y avoir donné aſſez d'attention, il eſt ſouvent arrivé que les courbures des voûtes ont été corrompues, & même que quelques-unes des arches ſont tombées. Ces conſidérations qui intéreſſent des travaux de la plus grande importance, m'ont paru mériter l'attention de l'Académie, du Public & des Artiſtes qui ſont chargés de les projeter & faire conſtruire.

Je me propoſe, dans ce Mémoire, d'expoſer 1.° comment il me paroît le plus convenable de faire le cintrement en charpente, pour la conſtruction des ponts de pierre.

2.° Les différens mouvemens que prennent les voûtes pendant leur conſtruction; matière intéreſſante qui n'a pas encore été traitée.

Et 3.° la méthode que j'ai employée avec ſuccès pour le décintrement des plus grandes arches.

Cintrement des Ponts.

Pour conſtruire les ponts de pierre en général, on eſt obligé d'employer une charpente nommée *cintre*, ou par les Italiens *armature*, qui ſoit aſſez forte pour en ſoutenir les voûtes juſqu'à ce qu'elles ſoient fermées; cette charpente eſt compoſée d'aſſemblages poſés verticalement, nommés *fermes*, que l'on eſt dans l'uſage d'eſpacer à ſix & ſept pieds de diſtance les unes des autres, & de pièces horizontales nommées *couchis*, qui ſont deſtinées à porter, dans leur milieu, chaque cours de vouſſoirs d'une ferme à l'autre; on met de fortes calles ſous ces couchis, & de plus petites pour achever de garnir chaque rang de vouſſoir, ſuivant la hauteur qu'exige la courbure de la voûte; les fermes ſont enſuite liées par des moiſes *(a)* & des liernes *(b)* poſées horizontalement, & entretenues avec des pièces en contrefiches, d'un & d'autre côté, pour en prévenir le déverſement.

Les fermes ſont ordinairement faites avec des pièces horizontales nommées *entraits*, des arbalétriers, des poinçons, des moiſes pendantes & potelets: le tout aſſemblé avec tenons & mortoiſes, & boulonné: on peut voir dans le *volume des Mémoires de l'Académie de 1767*, les deſſins d'une ferme qui ont été données par M. Pitot, pour une voûte en plein cintre, & pour une ſurbaiſſée, chacune de 60 pieds d'ouverture; les entraits & même les arbalétriers doivent, ſuivant ces deſſins, être chargés latéralement, c'eſt la façon la plus déſavantageuſe dont on puiſſe diſpoſer les bois, & qui exige néceſſairement d'en augmenter la quantité pour porter le même fardeau.

Lorſque les fermes ne ſont appuyées que contre les culées & les piles des ponts, on les nomme *fermes retrouſſées*; chaque point d'appui peut être, pour lors, établi ſur une ſeule pièce

(a) Ce ſont des pièces qui embraſſent jointivement d'autres pièces de bois.

(b) Ce ſont d'autres pièces ſimples, qui ne ſont entaillées que de quelques pouces contre les pièces qu'elles doivent entretenir.

de bois nommée *jambe de force*, au lieu de l'être ſur pluſieurs files de pieux, comme on étoit aſſez ſouvent dans l'uſage de le faire.

Les tenons & les mortoiſes affoibliſſent les bois; on doit les ſupprimer, en aſſemblant les principales pièces des fermes nommées *arbalétriers*, ſur pluſieurs rangs, en liaiſon l'un ſur l'autre, & de telle ſorte, que les bouts de l'un des rangs répondent au milieu des arbalétriers ſupérieurs, avec leſquels ils formeront des figures triangulaires, qui auront pour baſe la longueur entière d'un arbalétrier, & pour côtés, deux demi-arbalétriers du rang de deſſus. Les principales pièces doivent être moiſées au milieu de leur longueur, ainſi qu'à leur extrémité, & boulonnées.

Cette manière de diſpoſer les bois des fermes, qui a été employée par M. Manſard de Sagonne, au pont de Moulins, m'a paru la plus convenable, & je l'ai adoptée, en retranchant néanmoins beaucoup de bois que j'ai reconnu être inutile.

Les cintres s'affaiſſent après leur aſſemblage, & auſſi ſous le fardeau des voûtes pendant leur conſtruction, ſoit par la compreſſion des fibres du bois, ou par un peu de courbure que prennent les arbalétriers, ce qui doit obliger de ſurhauſſer ſur l'*ételon*, ou l'épure du charpentier, la vraie courbure des arches, de la quantité à laquelle cet affaiſſement peut être évalué d'après l'expérience.

Je vais expliquer les principales dimenſions & les aſſemblages des fermes que j'ai fait conſtruire pour des arches de 60, 90 & 120 pieds d'ouverture, ainſi que le réſultat des obſervations que j'ai faites à ce ſujet.

Arche de 60 pieds d'ouverture.

L'arche du milieu du pont de Cravant, ſitué ſur la rivière d'Yonne, de 60 pieds d'ouverture, & 20 pieds de hauteur ſous clef depuis les naiſſances, a été cintrée avec cinq fermes retrouſſées, eſpacées à 5 pieds & demi de milieu en milieu; chaque ferme compoſée de trois cours d'arbalétriers, le premier & le troiſième de cinq pièces, & celui du milieu de quatre;

ces cours d'arbalétriers étoient posés l'un sur l'autre, assemblés triangulairement & retenus avec des moises, comme je l'ai expliqué ci-devant; chaque arbalétrier avoit 15 à 18 pieds de longueur, & 8 à 9 pouces de grosseur; les moises avoient même grosseur pour chaque pièce, sur 7 à 7 pieds & demi de long : la grosseur de chaque cours de couchis étoit de 4 à 5 pouces; la pierre employée à ce pont, pèse 176 livres le pied cube, & l'épaisseur de la voûte est de 4 pieds à la clef.

Arche de 90 pieds.

L'arche, *dite de Saint-Edme*, construite à Nogent-sur-Seine; & finie en 1769, a 90 pieds d'ouverture, sur 26 pieds de hauteur sous clef depuis les naissances : elle a été cintrée avec cinq fermes retroussées, espacées à 7 pieds de milieu en milieu, chacune formée de trois cours d'arbalétriers, comme au pont précédent; le premier & le troisième cours étoient faits de cinq pièces, & celui du milieu de quatre pièces, chacune de 18, 20 & 22 pieds de longueur, & de 14 à 16 pouces de grosseur; les moises avoient la même grosseur que les arbalétriers, sur 7 & 8 pieds de longueur; chaque cours de couchis avoit 6 à 7 pouces de grosseur.

Ces cintres étoient de la plus grande force; je crois qu'il auroit suffi de donner 12 à 15 pouces de grosseur aux arbalétriers, comme le portoit le devis, au lieu de 14 à 16 pouces que l'Entrepreneur leur a donné, pour employer ses bois tels qu'il avoit pu les trouver dans les forêts.

Le grès dont est construit ce pont, pèse 180 livres le pied cube, & l'épaisseur de la voûte à la clef, est de 4 pieds 6 pouces.

Arche de 120 pieds.

Chacune des cinq arches du nouveau pont de pierre de Neuilly, de 120 pieds d'ouverture, sur 30 pieds de hauteur sous clef depuis les naissances, & 45 pieds de largeur, a été cintrée avec huit fermes retroussées, espacées à 6 pieds de milieu en milieu; chaque ferme étoit composée de quatre

cours d'arbalétriers disposés en liaison & triangulairement, comme ceux des deux arches précédentes ; celui du dessous des fermes étoit composé de huit pièces ; les deuxième & quatrième chacun de sept, & le troisième de six pièces qui avoient toutes depuis 19 jusqu'à 23 pieds de longueur, & 14 à 17 pouces de grosseur ; les moises pendantes, au nombre de treize, avoient 9 à 10 pieds de longueur, sur 9 à 15 pouces de grosseur pour chaque pièce : le tout étoit lié avec cinq moises horizontales de 9 à 15 pouces de gros, & huit liernes de 9 pouces aussi de gros ; les couchis avoient 7 à 8 pouces de grosseur ; les calles de dessous & de dessus de ces couchis avoient, l'une 6 à 7 pouces, & l'autre, qui est celle du poseur, environ 2 pouces de hauteur : en sorte que l'intervalle d'entre le dessus des fermes & les voûtes, étoit de 17 à 18 pouces, étant nécessaire de lui donner au moins le double de la hauteur des couchis ; cette hauteur s'est même trouvée encore augmentée pendant la pose de 6 à 8 pouces dans le haut, par l'affaissement des fermes qui a obligé d'augmenter successivement la hauteur de ces calles.

Les cintres de l'arche du milieu du nouveau pont de Mantes qui a également 120 pieds d'ouverture, étoient aussi retroussées, & j'avois donné aux pièces de bois la même disposition entr'elles, & à peu-près la même grosseur qu'aux fermes du pont de Neuilly.

La pierre qui a été employée à ce pont, & à celui de Mantes, est en grande partie de la même carrière de Saillancourt près Meulan ; elle pèse 165 livres le pied cube, un peu plus ou moins, suivant les différens bancs ; l'épaisseur des voûtes est de 5 pieds à la clef.

Pour mieux faire entendre ce que l'on vient de dire sur les fermes de ces différentes grandeurs d'arches, on joint au présent Mémoire, le dessin d'une ferme de chacune de ces arches.

Différens mouvemens que prennent les voûtes pendant leur conſtruction.

On peut commencer à poſer les premiers cours de vouſſoirs ſans cintre de charpente, juſqu'à ce qu'ils viennent à gliſſer ſur les vouſſoirs inférieurs; cela doit arriver à peu-près comme pour les pierres qui ſont poſées ſur une pièce de bois ſciée & non rabotée, ainſi que je l'ai obſervé dans mon Mémoire inſéré dans le Volume de cette Académie de l'année 1769; lorſque le deſſus de ces pierres eſt incliné avec l'horizon, de 39 à 40 degrés, au lieu de 18 degrés 20 minutes que donne l'angle des frottemens des corps polis pour les petites maſſes: je dis *les petites maſſes*, parce que cet angle ſe réduit à environ 4 degrés pour les groſſes maſſes, tels que le ſont les vaiſſeaux qu'on lance à la mer, ſur un plan auquel on donne ce peu d'inclinaiſon, comme je l'ai dit dans le même Mémoire.

Les cours de vouſſoirs que l'on poſe enſuite de chaque côté, commencent à charger les cintres; cette charge qui augmente ſucceſſivement juſqu'à ce que la clef ſoit poſée, en faiſant un peu baiſſer la partie inférieure des cintres, tend en même temps à faire remonter la partie ſupérieure; motif pour lequel on eſt obligé de la charger de vouſſoirs, qui étant tous taillés, ſont employés enſuite au haut des voûtes, & cela ſe fait à meſure que la voûte s'élève, pour aſſujettir les fermes & les empêcher de remonter.

Cette charge a été portée, pour l'arche de 60 pieds, à 67 mille 500 livres; la voûte étant pour lors élevée au treizième cours de vouſſoirs, faiſant la ſeptième partie de ſa totalité pour chaque côté; les cintres n'avoient pas été ſurhauſſés; ils ont pu baiſſer d'un pouce ſous le poids de la voûte.

Le poids total de la voûte, avant que la clef fût poſée, étoit d'environ 1 million 350 mille livres, & ce poids doit, d'après le calcul fait par M. Couplet, & rapporté dans les Mémoires de l'Académie, *année 1729*, être réduit pour les

quatre neuvièmes ou environ, à 600 mille livres pour la charge des cintres, & à 120 mille pour celle de chaque ferme.

La charge, ſur la partie ſupérieure des cintres de l'arche de 90 pieds, a été de 350 mille livres; on poſoit pour lors les quinzièmes cours de vouſſoirs, faiſant près de la ſixième partie de la totalité pour chaque côté; les cintres qui avoient été ſurhauſſés ſeulement de 3 pouces de plus que la courbure que devoit avoir la voûte, ſe ſont d'abord affaiſſés de 2 pouces ſous cette charge, & enſuite relevés d'un pouce; lorſque l'on a poſé les vingtièmes cours de vouſſoirs, en s'aplatiſſant un peu ſur les reins; quand la voûte a été faite aux trois quarts, les cintres ont encore baiſſé d'un pouce & demi par la ſeule compreſſion des bois, ſans que l'on ait remarqué de renflement au droit des reins, & de 3 lignes ſeulement de plus ſous la charge totale; alors il n'eſt plus reſté que 3 lignes du ſurhauſſement des 3 pouces que l'on avoit donnés à ces cintres.

Cette charge totale pour les cintres, avant que la clef fût poſée, étant réduite, comme je l'ai expliqué ci-devant, devoit monter à 1 million 245 mille livres, & celle de chaque ferme à 249 mille livres.

Pour les arches de 120 pieds du pont de Neuilly, on a commencé à la fin de 1771 à charger le ſommet des fermes de 52 vouſſoirs, du poids chacun de 5 mille livres, le tout peſant 260 mille livres; elles ont été comprimées ſous cette charge ſeulement de 9 lignes, & ne l'ont pas été davantage pendant tout l'hiver; il y avoit pour lors 18 & 19 cours de vouſſoirs poſés de chaque côté des arches.

Le 7 Juillet 1772, la charge du haut des cintres, & la plus grande qui ait été miſe, étoit de 186 vouſſoirs, qui peſoient environ 930 milliers, indépendamment de ce qu'il y avoit pour lors 46 cours de vouſſoirs de poſés de chaque côté, le taſſement total n'a été que de 19 lignes.

C'eſt le 26 du même mois qu'on a achevé de poſer les clefs, & pour lors l'affaiſſement total qui avoit augmenté

ſenſiblement chaque jour ſous la charge des vingt derniers cours de vouſſoirs, s'eſt trouvé de 13 pouces 3 lignes.

La charge totale des cintres étoit pour chaque arche, avant que les clefs fuſſent poſées, de 2 millions 400 mille livres, & pour chacune des huit fermes, de 300 mille livres: le tout à peu-près.

Cet affaiſſement inévitable des fermes, occaſionne d'abord une ouverture dans les joints ſupérieurs des vouſſoirs à peu de diſtance de l'aplomb des naiſſances, ſur-tout aux grandes arches, & enſuite ſucceſſivement plus haut, à meſure que l'on élève la voûte; ce qui fait craindre aux perſonnes qui ne connoiſſent pas ces ſortes de conſtructions, que ces effets ne ſoient occaſionnés par un défaut de ſoin, & ne puiſſent nuire à la ſolidité; mais ces joints ſe referment enſuite, après que les chefs ſont poſées; c'eſt ce que j'expliquerai dans la dernière partie de ce Mémoire, en parlant du décintrement des voûtes.

A l'arche de 60 pieds dont j'ai parlé, on ne s'aperçut de ce mouvement qu'en poſant le dix-huitième cours de vouſſoirs de chaque côté; l'effet fut très-peu ſenſible.

L'arche de 90 pieds étant élevée de chaque côté au vingtième des quatre-vingt-quinze cours de vouſſoirs qui compoſent la voûte, le joint s'ouvrit juſqu'à 9 lignes au-deſſus du quinzième cours de vouſſoirs, traverſant le maſſif des reins de la voûte, près de l'aplomb du nu des naiſſances de l'arche, ce qui occaſionna verticalement une ſéparation du derrière des vouſſoirs, en deſcendant juſqu'au ſeptième cours, d'avec les aſſiſes courantes & horizontales des culées.

Peu de temps après, ces joints ayant commencé à ſe reſermer, il s'en ouvrit d'autres à l'*extrados* ou au haut des vingt-ſixième & juſqu'au trente-unième cours de vouſſoirs, chacun de près d'une ligne de part & d'autre de l'arche.

Aux arches joignant les culées du pont de Neuilly, les joints ſe ſont ouverts à leur *extrados*, du onzième juſqu'au trente-ſixième cours de vouſſoirs de chaque côté, depuis un quart de ligne juſqu'à deux & trois lignes, excepté celui d'entre

les

les vingt-ſix & vingt-ſeptième cours de vouſſoirs qui s'eſt ouvert de 10 lignes à l'arche de la culée, ſituée du côté de Neuilly, & de 6 lignes ſeulement à celle de l'autre culée; le tout du côté de ces culées: ces ouvertures ont été moins grandes aux autres arches.

Peu de temps après la poſe de la clé, les joints de l'*intrados* ou côtés inférieurs des vouſſoirs, ſe ſont ouverts au-deſſus du trente-ſixième cours juſqu'au cinquante-ſixième, qui joignent les clés, depuis un quart de ligne juſqu'à une ligne, mais ſeulement à un, deux ou trois joints au plus de chaque arche.

Au pont de Mantes, dont l'arche du milieu avoit, ainſi que je l'ai dit ci-devant, pareille ouverture de 120 pieds & 35 pieds de hauteur ſous clef, les joints s'étoient ouverts à peu-près comme à celui de Neuilly.

Décintrement des Ponts.

Pour diminuer le taſſement des voûtes, & faciliter le décintrement des ponts, l'uſage ordinaire a été juſqu'à préſent, de poſer à ſec un certain nombre des derniers cours de vouſſoirs, de les ſerrer fortement avec des coins de bois chaſſés à coups de maillet entre des lattes ſavonnées, & de les couler & ficher enſuite avec mortier de chaux & ciment; cependant on ne l'a point fait au pont de Neuilly, parce que j'ai penſé que la percuſſion de ces coups de maillet feroit peu d'effet pour ſerrer les vouſſoirs entr'eux ſur d'auſſi groſſes maſſes de pierre, chacun de ces vouſſoirs étant du poids au moins de cinq milliers, & juſqu'à huit ou dix milliers; j'avois d'ailleurs appréhendé de caſſer des vouſſoirs, comme cela eſt arrivé à d'autres ponts, en chaſſant ces coins qui ſont ſouvent en porte-à-faux, à cauſe de la difficulté que l'on a pour les placer exactement les uns vis-à-vis des autres.

Quelques Ingénieurs ſont dans l'uſage de laiſſer les voûtes le plus de temps qu'ils peuvent ſur les cintres; d'autres les font démonter tout de ſuite, après les avoir fait fermer.

Lorſque l'on a aſſez de temps à la fin de la campagne, on fait bien d'attendre un mois ou ſix ſemaines; mais il eſt

toujours prudent de ne point décintrer avant que les mortiers des joints des derniers cours de vouſſoirs, ayent acquis aſſez de conſiſtance pour que l'on ne puiſſe y introduire qu'avec peine, la lame d'un couteau, & cela arrive en moins de quinze jours ou trois ſemaines, ſur-tout ſi la pierre eſt sèche & poreuſe, pour qu'elle puiſſe prendre plus promptement l'humidité du mortier.

Le décintrement du pont de Cravant, a été commencé cinquante jours après que les arches ont été fermées & fait en peu de jours; le taſſement de la voûte a été inſenſible.

La crainte d'être ſurpris dans l'arrière-ſaiſon par les grandes eaux, m'a obligé de commencer le décintrement de l'arche de Nogent-ſur-Seine, trois jours après ſa fermeture ; cet intervalle de temps avoit été employé à battre les coins aux treize derniers cours de vouſſoirs & à les couler & ficher. Les mortiers auroient cependant exigé plus de temps à ce pont, pour prendre une certaine conſiſtance à cauſe de la dureté du grès qu'on y avoit employé; mais comptant ſur la ſûreté de la méthode dont je devois faire uſage, je penſai que je ne courrois aucun riſque pour la courbure de l'arche & la ſolidité de l'ouvrage, & qu'il n'en réſulteroit qu'un plus grand taſſement à la voûte, lequel taſſement devenoit même utile pour diminuer les rampes du pont.

Ce décintrement a été fait en cinq jours, de la manière que je l'expliquerai ci-après, en parlant du pont de Neuilly, & qui avoit auſſi été employée à celui de Cravant.

Les fermes qui avoient été comprimées ſeulement de 2 pouces 9 lignes, ſous la charge de la voûte, ſont remontées de 2 pouces, après l'enlèvement des couchis & des étréſillons du deſſous des vouſſoirs, par le développement de l'élaſticité du bois.

Le deuxième jour du décintrement, les joints qui s'étoient ouverts au bas des voûtes, comme je l'ai dit ci-devant, ſe ſont reſſerrés de deux lignes; le troiſième jour, le plus grand joint qui étoit ſitué du côté de la ville, s'eſt rouvert de 3 lignes; douze heures après l'enlèvement de tous les couchis,

ces grands joints ſe ſont entièrement fermés du côté de la ville, & à deux lignes près, au côté oppoſé ; ceux de la partie ſupérieure de la voûte, ſe ſont auſſi reſſerrés.

Le taſſement total de la voûte, a été en quarante-cinq jours après le commencement du décintrement, de 12 pouces 6 lignes à la clé, ſe diſtribuant proportionnellement ſur les autres vouſſoirs juſqu'au dix-ſeptième cours ; au-deſſous de ces cours de vouſſoirs, la courbure s'eſt relevée de ce dont elle avoit pu baiſſer ſur les cintres pendant la conſtruction de la voûte, ce qui s'eſt fait pour le total avec tant de régularité, que la courbe ſe trouve préſentement très-agréable au coup-d'œil & ſans aucun jaret ; il en eſt ſeulement réſulté que la partie de l'arc ſupérieur appartient préſentement à un rayon de 123 pieds, au lieu de 100 pieds que ce rayon devoit avoir ſuivant l'épure, avant l'aplatiſſement de cet arc : le taſſement a augmenté de 15 lignes dans la première année, en ſorte qu'il eſt actuellement de 13 pouces 9 lignes à la clé.

Pour rendre ce changement de courbure plus ſenſible, & pour diſtinguer la partie de la voûte qui tend à renverſer les culées & les piles de celle des parties inférieures qui réſiſtent à cet effort, j'avois fait tracer avant le décintrement, une ligne horizontale ſur les vouſſoirs des têtes de l'arche, du deſſus d'un vingt-huitième cours à l'autre, & d'autres lignes obliques au droit des reins, depuis les extrémités de cette ligne horizontale, juſqu'à l'endroit où ſe fait la jonction du ſeptième cours avec le mur en évaſement de chaque culée.

La ligne horizontale a fait connoître, par ſa courbure, celle de l'abaiſſement des vouſſoirs correſpondans, en y ajoutant celui des extrémités de cette ligne que l'on avoit repairé d'après un point fixe.

Les lignes obliques ſe ſont courbées avec inflexion, en ſorte qu'au-deſſus du dix-ſeptième vouſſoir, elles étoient convexes par en bas & concaves au-deſſous de ce vouſſoir ; la plus grande ordonnée, étoit de 6 pouces 10 lignes dans le milieu de la partie convexe, & de 5 pouces 6 lignes aux deux tiers de la partie concave à compter d'en bas.

Ce point d'inflexion auquel doit ſe faire la ſéparation des deux actions qui agiſſent en ſens contraire, étoit d'ailleurs rendu ſenſible par le joint qui s'étoit ouvert en cet endroit.

Le petit arc qui ſe termine au-deſſus du dix-ſeptième vouſſoir, eſt de 50 degrés, il comprend preſqu'exactement le tiers de la demi-voûte.

La connoiſſance de ce point d'inflexion eſt très-importante pour la théorie & le calcul de la pouſſée des voûtes, & avec de pareilles obſervations faites ſur des arches de différentes grandeurs & courbures, on y parviendra avec plus de ſûreté, qu'en établiſſant des formules, comme l'ont fait M.rs de la Hire (a), Couplet (b) & d'Aneſy, d'après des hypothèſes dont ils ont été obligés de ſe contenter faute de pareilles obſervations.

(a) *Mém. de l'Acad. année 1712.*

(b) Idem, *année 1729.*

Il me reſte préſentement à rendre compte du décintrement du pont de Neuilly, qui a exigé les plus grandes précautions à cauſe de la hardieſſe de ſa conſtruction.

J'ai dit ci-devant que les fermes ſont garnies de couchis avec leurs calles, qui portent les cours de vouſſoirs, ce ſont ces calles & ces couchis qu'il faut ôter lentement & dans un certain ordre, pour détacher les fermes des voûtes, q.. pour lors reſtent iſolées, en ſorte qu'il n'y ait plus qu'à enlever ou faire tomber les fermes pour achever le décintrement.

J'ai dit auſſi que l'on pouvoit conſidérer deux parties dans une voûte, l'une ſupérieure qui tend à deſcendre, l'autre inférieure de chaque côté qui réſiſte & eſt repouſſée en dehors; cette dernière partie de chaque côté de la voûte, doit comprendre celles qui ne chargent point les cintres, avant que la clé ſoit poſée.

M. Couplet, ayant fait la recherche de l'arc, dont les vouſſoirs ne chargent point les cintres, avant que la clé ſoit poſée, a trouvé, en ſuppoſant que les vouſſoirs ſoient polis & ſans frottemens, qu'il devoit être de 30 degrés dans les voûtes en plein-cintre, ou du tiers de la demi-circonférence.

On a vu qu'à l'arche de Nogent-ſur-Seine, la partie de l'arc qui a été repouſſée en dehors, & qui par conſéquent

ne devroit point charger les cintres avant que les clés fuſſent poſées, étoit également du tiers de la demi-circonférence.

Au pont de Neuilly, la courbure des têtes étant d'un ſeul arc, ſoutenue par des vouſſures ou eſpèces de cornes de vaches, l'inflexion dont on a parlé ci-devant, ne s'eſt point fait remarquer; mais les plus grands joints ont indiqué que c'étoit au-deſſus du vingt-ſixième cours de vouſſoirs, que devoit ſe faire de part & d'autre, la ſéparation de la portion ſupérieure de la voûte, qui tendoit à repouſſer les parties inférieures, & ce point eſt à deux vouſſoirs au-deſſous du milieu de la demi-voûte, ce qui ſe rapproche beaucoup pour ces arches, de l'hypothèſe de M. de la Hire.

On peut donc, d'après ces obſervations, commencer par faire ôter ſans inquiétude, tous les couchis qui ſont poſés de part & d'autre du bas des voûtes, tout au moins juſqu'au tiers des demi-voûtes, puiſque quand les clés ſont poſées, ces parties, au lieu de porter ſur les cintres, ſont repouſſées en dehors par la charge des vouſſoirs ſupérieurs; ce qui le fait encore mieux connoître, c'eſt que les calles & les couchis qui ſont poſés au droit de ces arcs inférieurs tiennent peu, & l'on trouve même que pluſieurs d'entre eux ſe ſont détachés des voûtes, quand on ſe préſente pour les enlever.

On doit cependant avoir l'attention d'enlever ces couchis lentement, en y employant pluſieurs jours & en les ôtant en égal nombre par jour & de chaque côté en même temps, pour que les fermes qui ſont repouſſées par leur charge ſupérieure dans le vide que ces couchis laiſſent, ne permettent à la partie ſupérieure de la voûte, de deſcendre auſſi que très-lentement, parce que l'on doit empêcher avec le plus grand ſoin de laiſſer prendre une certaine vîteſſe à d'auſſi fortes maſſes; ce n'eſt qu'en modérant cette vîteſſe juſqu'à ce que tous les couchis des voûtes ſoient ôtés, qu'on prévient la fracture des pierres & le danger qu'il y auroit pour la conſervation des voûtes même, ſi on en uſoit différemment.

Ces obſervations doivent faire abandonner, principalement pour les voûtes faites avec des cintres retrouſſés, l'ancien

uſage qui étoit d'ôter les couchis de deux en deux également de chaque côté dans tout le pourtour de la voûte, & de continuer enſuite la même opération, juſqu'à ce que tous les couchis fuſſent enlevés; car on laiſſoit par cette méthode, des points d'appui ſous l'arc ſupérieur, qui nuiſoient au taſſement uniforme & général, & occaſionnoient ſouvent des jarets & irrégularités dans la courbure des voûtes, ſurtout aux grandes arches, leſquelles étoient même expoſées à de plus grands accidens, quand il s'y joignoit quelque défaut de conſtruction.

C'eſt, comme on vient de l'expliquer, que l'on a commencé le 14 Août 1772, dix-huit jours après la poſe des dernières clés du pont de Neuilly, à ôter les couchis du bas des voûtes, à commencer du neuvième cours de vouſſoirs, ceux du deſſous ayant été poſés ſans couchis; on a continué enſuite juſqu'au 3 Septembre ſuivant, à enlever le reſte des couchis en égal nombre par jour de chaque côté & de ſuite, en montant & en laiſſant quelques jours d'intervalle à différentes fois ſans y travailler, en ſorte que le tout a été enlevé en dix-neuf journées: ce qui a été fait en obſervant de mettre des étréſillons ou petites pièces de bois poſées debout, entre les fermes & les voûtes, pour faciliter le dévêtiſſement des calles & des couchis ſupérieurs, lorſqu'on s'eſt aperçu que les fermes, en remontant par la force de l'élaſticité des bois, commençoient à nuire à ce dévêtiſſement; il n'en eſt reſté le dernier jour, que ſept cours au haut des fermes que j'ai fait enlever; les étréſillons ont été ruinés, c'eſt-à-dire, détruits avec le ciſeau & le maillet, le tout en moins d'une heure, ce qui s'eſt fait en même temps à toutes les arches. Les Charpentiers commençoient par les rangs des étréſillons les plus éloignés de la clé, & s'en rapprochoient en ruinant toujours en même temps de chaque côté les rangs ſupérieurs; lorſqu'ils furent arrivés au dernier rang, on voyoit ces étréſillons s'écraſer d'eux-mêmes avec force, & celui qui conduiſoit cette opération à l'une des arches, fut renverſé de l'éclat de l'un de ces étréſillons qui vint le frapper ſur les

reins. Les fermes qui ſe trouvoient pour lors affaiſſées de 19 pouces, compris 6 pouces après la poſe des clés, le tout au lieu de 15 pouces, dont elles avoient été ſurhauſſées, ſe relevèrent de 5 pouces 6 lignes, & preſque également à chaque arche avec force & bruit.

L'affaiſſement des fermes, n'avoit été que de 19 lignes le 18 Juillet, après la poſe du quarante-ſixième cours de vouſſoirs de chaque côté, & de 7 pouces 4 lignes ſous la charge totale de 930 mille livres après la poſe des cinquante-cinq cours de vouſſoirs. Cet affaiſſement a été de 13 pouces, après avoir poſé les trois derniers cours de vouſſoirs, compris celui de la clé.

Pendant que l'on a ôté les couchis, les voûtes ont baiſſé de 6 pouces; le taſſement a été ſubitement de 18 lignes le jour que l'on a ruiné les étréſillons, & de 13 lignes le lendemain; actuellement que le pavé & les parapets ſont poſés ſur le pont, le taſſement eſt en total, de 9 pouces 6 lignes, & je préſume qu'il n'augmentera pas encore de plus d'un pouce.

L'arc ſupérieur des arches ayant été meſuré après le taſſement des voûtes, on a trouvé que ſur 33 pieds de corde de la pointe d'une corne de vache à l'autre, la flèche n'a actuellement que 6 pouces 9 lignes de hauteur, ce qui le fait appartenir à un arc de cercle, dont le rayon eſt, à très-peu près, de 244 pieds; d'où l'on peut voir la poſſibilité que l'on ne connoiſſoit pas, avant la conſtruction du pont de Neuilly, de faire avec de la pierre dure & dans un lieu convenable, des arches en plein-cintre du double de ce rayon, ou d'environ 500 pieds d'ouverture.

Avant que les clés des arches ſoient poſées, les joints des vouſſoirs tendent à s'ouvrir, comme je l'ai dit, par l'affaiſſement des fermes, dont le mouvement part des jambes de force qui ſont placées contre les piles & les culées pour les ſoutenir, & s'augmente en s'éloignant vers le haut de ces fermes; mais les clés étant poſées & les cintres ſe trouvant bientôt après déchargés, la cauſe du mouvement des voûtes

change, & c'eſt des clés & contre-clés, d'où part en ſens contraire du mouvement des fermes, l'action des vouſſoirs, pour ſe reporter vers les piles & les culées qui doivent ſoutenir les voûtes après leur décintrement.

C'eſt ce dernier mouvement des vouſſoirs, qui tend à refermer les joints qui ſe ſont ouverts pendant leur poſe, & cela s'opère plus facilement, lorſque les fermes ont mieux reſiſté par leur bon aſſemblage & leur force, à la charge des vouſſoirs.

Au pont de Mantes, le décintrement a été commencé le 10 Octobre 1764, treize jours après la poſe des clés; on y a employé dix jours. Le taſſement total de la voûte, s'eſt trouvé quinze mois après ſa conſtruction, de 20 pouces 7 lignes, dont 12 pouces ſur les fermes avant la poſe des clés, & 8 pouces 7 lignes depuis ce temps; ce qui fait pour ce dernier taſſement, 2 pouces 11 lignes de moins qu'aux arches qui joignent les culées du pont de Neuilly, en ſuppoſant, comme on l'a dit ci-devant, que ces arches doivent encore baiſſer d'un pouce; cette différence vient vraiſemblablement de ce que l'arche du milieu du pont de Mantes, eſt moins ſurbaiſſée de 5 pieds, que celle du pont de Neuilly.

Avant de revenir au reſte du décintrement du pont de Neuilly, je crois qu'il eſt à propos d'obſerver que les grandes arches doivent être conſtruites ſur des fermes retrouſſées, à moins que les voûtes ne ſoient trop peu élevées & décintrées comme je viens de l'expliquer, parce qu'en ſuivant cette méthode, les voûtes ſont ſoutenues par les fermes, ſans pouvoir corrompre leur courbure, & que les vouſſoirs ſe reſſerrent inſenſiblement entre eux, à meſure que les fermes s'affoibliſſent en perdant leur point d'appui, ce qui ſe fait lorſqu'on enlève les couchis des parties inférieures de ces voûtes, contre leſquels les fermes étoient appuyées, & les voûtes continuent à baiſſer inſenſiblement, juſqu'à ce qu'elles ſe ſoutiennent preſqu'entièrement ſur elles-mêmes; ce qui arrive de telle ſorte, que lorſque l'on vient à ruiner les étréſillons, on

on s'aperçoit ſenſiblement que les fermes ne portent preſque plus ces voûtes, & qu'elles auroient même pu s'en détacher, ſans la force de l'élaſticité des bois qui les ſollicite à remonter.

Le Roi ayant deſiré de ſe trouver à la partie du décintrement du pont de Neuilly, qu'il étoit poſſible de faire ſans rien riſquer pour la ſolidité des arches, dans le peu de temps que Sa Majeſté pouvoit donner à ce ſpectacle, dont Elle avoit fixé le jour au 22 Septembre 1772, on avoit réſervé de faire tomber les fermes des cintres pour ce jour-là; après avoir enlevé les moiſes, les liernes & contrefiches qui auroient nui à cette manœuvre, & après avoir auſſi démonté trois fermes, à chacune des deux arches, ſituées du côté de Puteaux, pour ne pas trop encombrer, par leur chute, le bras de rivière qui y paſſe.

J'avois fait placer deux cabeſtans au-devant de chaque arche, & autant au derrière des deux arches ſituées du côté de Puteaux, ces derniers pour faire tomber deux fermes du même côté, pendant que les fermes reſtantes de ces arches, & celles des autres qui ſont ſituées dans la partie de l'Iſle, devoient être renverſées avec les cabeſtans qui étoient placés pour chacune de ces arches, du côté de l'emplacement qui avoit été préparé pour recevoir le Roi. Les cordages étoient attachés vers le haut des fermes, & paſſoient ſur deux poulies mouflées à chaque bout; huit hommes appliqués aux bras de levier, devoient faire manœuvrer chaque cabeſtan, ce qui a été exécuté au coup de tambour, & les fermes ont été renverſées en moins de trois minutes & demie.

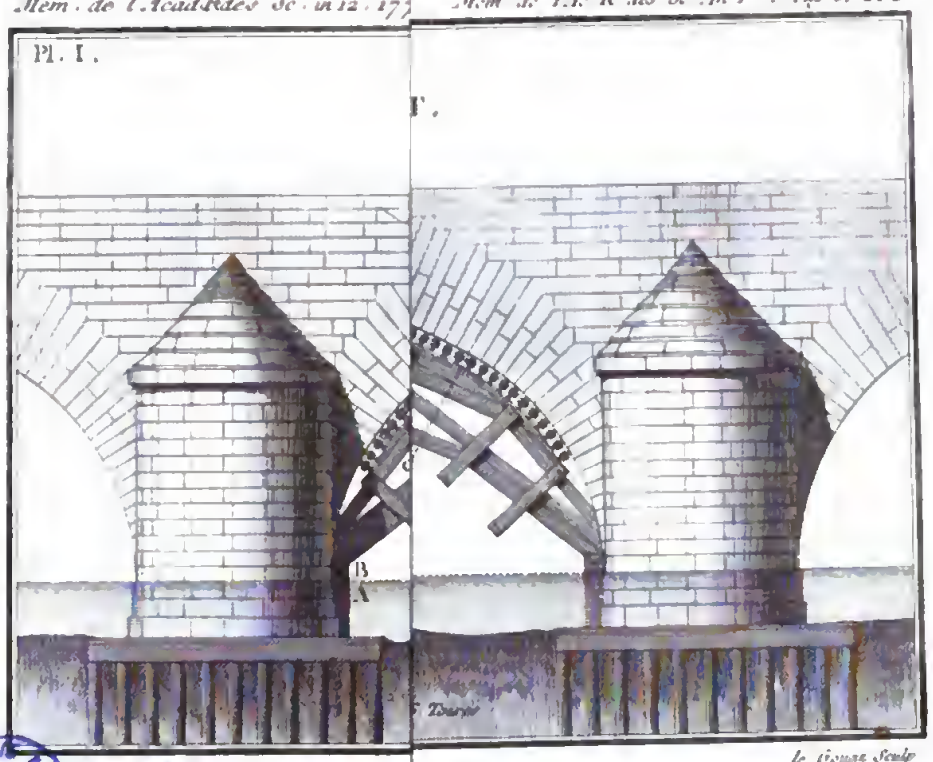
La chute de la maſſe énorme des bois, dont le poids pour chacune des arches devoit être au moins de 720 milliers, fit remonter l'eau en écume juſque ſur le pont; on vit les voûtes à découvert, & le Public parut pour lors vivement affecté d'une ſurpriſe agréable, que l'on croit devoir attribuer à la chute ſubite d'une charpente, qui, un inſtant auparavant, paroiſſoit néceſſaire au ſoutien d'un auſſi grand édifice.

Les précautions que l'on avoit priſes pour la conſtruction de ce pont, dans la conduite duquel j'ai été très-bien ſecondé par M. Chezy, Ingénieur des ponts & chauſſées, & Inſpecteur général du pavé de Paris, ont été ſuivies du plus grand ſuccès; on n'y aperçoit aucune pierre caſſée ou qui ſoit ſeulement écornée & défectueuſe, ni joints ouverts, ce qui eſt auſſi heureux que rare, pour un auſſi grand ouvrage.

680567

Pl. I.

F.



Ponts.

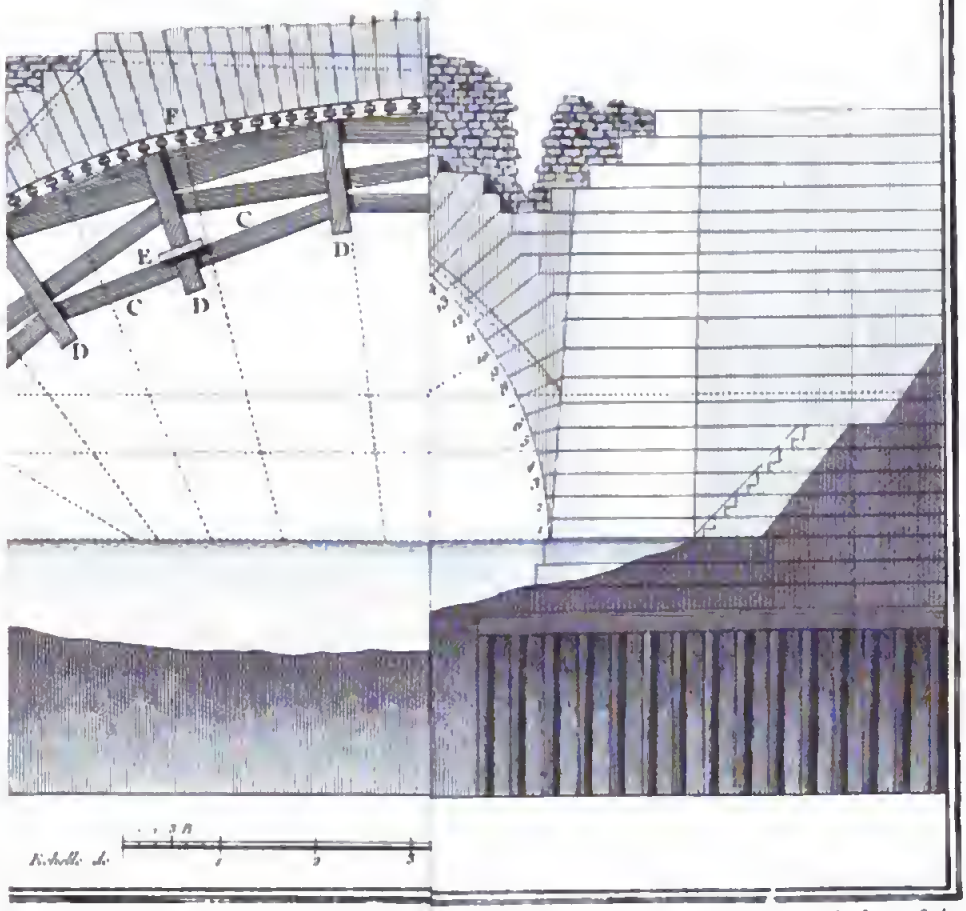
A. . . .ts.
B. . . .alles.
C. . . . . ans Culées.

Digitized by Google

680567

ST EDME DE NOGENT 1768.

avant le Décintrement

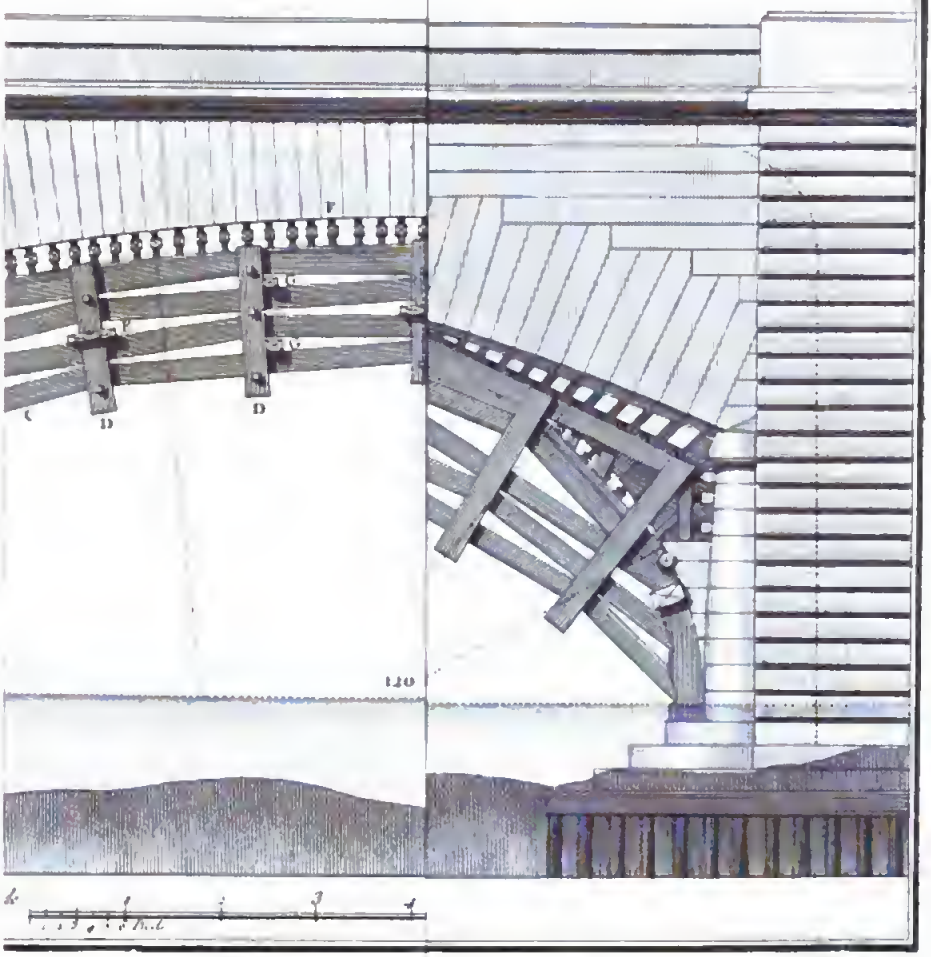


le Geneux Sculp.

Digitized by Google

680567

UNE DES CINQ A



680567

Digitized by Google

REALE OFFICIO TOPOGRAFICO

I Armadio . Scansia Lett. B

N.° 12

BIBLIOTECA